

平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の花月川を対象にした洪水流量の推定

九州工業大学工学部 学生会員 ○桂 佑樹 九州工業大学大学院 正会員 重枝 未玲
九州工業大学名誉教授 フェロー会員 秋山 壽一郎 九州工業大学大学院 学生会員 中島 晴紀

1. はじめに

近年、局地的な豪雨による水災害が頻発している．平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の花月川では、花月観測所で既往最高水位を更新するとともに甚大な被害が生じた¹⁾．その被害要因を分析する上で、洪水時の流量の把握は重要である．本研究は、以上のような背景を踏まえ、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の花月川を対象に、観測水位に基づく粗度係数等の洪水流解析のモデルパラメータを最適化し、最適パラメータを用いた解析結果に基づき豪雨災害時の流量ハイドログラフを検討したものである．

2. 花月川の概要

花月川は大分県日田市を貫流する筑後川支川であり、その流域面積は 130.2km²、流路延長は 59.6km である．本川との合流点から距離標 8.7km までが大臣管理区間であり、距離標 5.2km 地点で有田川と、距離標 8.8km 地点で小野川と合流している．3.38km 左岸に花月水位観測所が設置されている．直轄区間には、5 基の堰と 18 基の橋が存在する．花月川流域の概要および観測所位置を図-1 に示す．



図-1 花月川流域の概要と観測所位置

3. モデルパラメータの最適化と花月川の洪水流量の推定

(1) 解析の概要

水位を境界条件とした平面 2 次元解析²⁾により、流量ハイドログラフの推定を行った．同解析は、流量の情報を必要とせず、水位ハイドログラフを上・下流端境界条件として実施する解析である．また、同解析では堰や橋などの河川構造物をエネルギー損失項で簡易的に取り扱っている．同解析のモデルパラメータは、粗度係数 n 、橋脚による堰上げを考慮するための縮流係数 C 、橋脚、橋桁の抵抗係数 C_{DP} 、 C_{DG} である．

解析対象区間は、筑後川との合流点から花月水位観測所(距離標 3.38km)までの区間である．上流端境界条件には、花月観測所の水位ハイドログラフを、下流端境界条件には、水位観測が実施されていないため、筑後川右岸流域を対象に実施した分布型流出・1 次元河道網洪水流解析の水位ハイドログラフを与えた³⁾．

モデルパラメータの最適化は、ピーク水位を与えた定常流解析の解析結果に基づき行った．最適化には、実験計画法、応答曲面法、粒子群最適化法を用い、独立変数には低水路粗度係数の補正係数 α と C 、 C_{DP} 、 C_{DG} を、目的関数には痕析水位と解析水位との差の絶対値を用いた．なお、粗度係数は、 $\alpha=1$ の場合に計画粗度係数となる．モデルパラメータは、表-1 に示す範囲で変化させ、実験計画法により応答曲面モデルを作成する上で効率的な解析条件を 28 通り設定した．同条件下の解析結果に基づき、独立変数と目的関数との関係を表す応答曲面モデルを作成し、粒子群最適化法により、目的関数が最小となる独立変数の組み合わせを求めた．

(2) 結果と考察

表-2 に、応答曲面および粒子群最適化法より求められた最適モデルパラメータを示す．いずれの値も表-1 の範囲内

であった．低水路粗度係数の最適値は 0.029 程度であり、過去の洪水痕跡と河床材料に基づく低水路の逆算粗度係数値 0.035 程度に比べ小さい結果となった．これは、本解析では出水後の河床位を解析データとして用いており、ピーク水位時には出水後よりも河床が低下し、出水後の河道よりも同区間の流下能力が高く

表-1 モデルパラメータの範囲

	α	C	C_{DP}	C_{DG}
範囲	0.6-1.0	0.8-0.92	0.49-1.62	0.81-1.62

表-2 モデルパラメータの最適解

	α	C	C_{DP}	C_{DG}
最適解	0.80	0.90	1.48	1.11

なったことを示唆している．その影響は，粗度係数で 20%程度であり，粗度係数は運動方程式中では二乗されるので 35%程度であると考えられる．この点については，今後，河床変動解析を実施し，より詳細な検討が必要である．橋脚の縮流係数 C の最適値は 0.90 であり，橋脚形状に基づく値 0.92⁴⁾ に比べ少し小さい結果となった．また，水位が橋桁まで到達した場合の橋脚，橋桁の抵抗係数 C_{DP} ， C_{DG} の最適値は，それぞれ 1.48, 1.11 であり，円柱や直方体の橋脚の推奨値 0.98~1.62⁵⁾ の中間程度の結果，水没状態の橋桁の推奨値 1.62⁵⁾ に比べ小さい結果となった．

これは，実河道の橋脚形状よりも水位上昇が大きくなるような C や C_{DP} 値であることから，出水中は橋脚がゴミや流木を捕捉したと考えられる．なお，橋桁の抵抗係数値が推奨値に比べ小さいのは，完全に水没しておらず，橋桁下部のみで流れの剥離が生じたためと考えられる．

図-2 に，最適パラメータを用いて非定常解析を実施した時の解析最大水位と痕跡水位との比較を示す．なお，図中には全ケースの水位の定常解析結果もあわせて示している．これより，表-2 の最適値を用いた解析結果は，十分の精度で花月川の痕跡水位を再現できているのが確認できる．図-3 に，上流端の花月観測所で得られた流量ハイドログラフを示す．図中には，最適化が実施されていない前報⁶⁾の流量ハイドログラフについてもあわせて示している．

これより，花月観測所のピーク流量は，前報では 1,413m³/s であるのに対し，本研究では 1,582m³/s であることが確認できる．これは，前述したように，同区間の河床低下の影響が粗度係数の低下で考慮されたためである．平成 24 年 7 月豪雨では，花月川のピーク流量は 1,350m³/s であった．本研究の流量は，これに比べ，230 m³/s 程度大きくなった．同区間では激甚事業により流下能力が向上されたことに加え，今次豪雨では同流域に約 1.6 倍の降雨量であったことを踏まえると，同観測所の流量が平成 24 年に比べ大きいことは妥当と考えられる．

4. おわりに

本研究から，(1)パラメータの最適化により，花月川の痕跡水位を予測精度が向上したこと，(2)今次豪雨での花月川の推定流量は 1,582m³/s であること，などが確認された．

謝辞：本研究の実施に当たり，国土交通省九州地方整備局河川部からデータの提供を，科学研究費特別研究促進費(課題番号：17K20140，研究代表者：秋山壽一郎)，基盤研究(C)(課題番号：16K06515，研究代表者：重枝未玲)の助成を受けた．ここに記して感謝の意を表します．

参考文献：1) 国土交通省九州地方整備局：筑後川水系河川整備計画（変更要素）について ～第 3 回 筑後川学識者懇談会～，http://www.qsr.mlit.go.jp/chikugo/site_files/file/torikumi/01-plan_course/pdf/H29/08siryou5.pdf，2017. 2) 重枝ら：水位ハイドログラフを境界条件とした平面 2 次元洪水流解析，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.74, No.4, pp.I_1453-I_1458, 2018. 3) 重枝ら：平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の花月川流域の流域流出・洪水氾濫解析，河川技術論文集，第 24 巻，pp.451-456, 2018. 4) 荒木・椿：水理学演習下巻，森北出版株式会社，2000. 5) 財団法人国土技術センター：河道計画検討の手引き，2002. 6) 重枝ら：平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の平面 2 次元洪水流解析と護岸・河岸の被災要因の検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.75, No.5, pp.I_1045-I_1050, 2018.

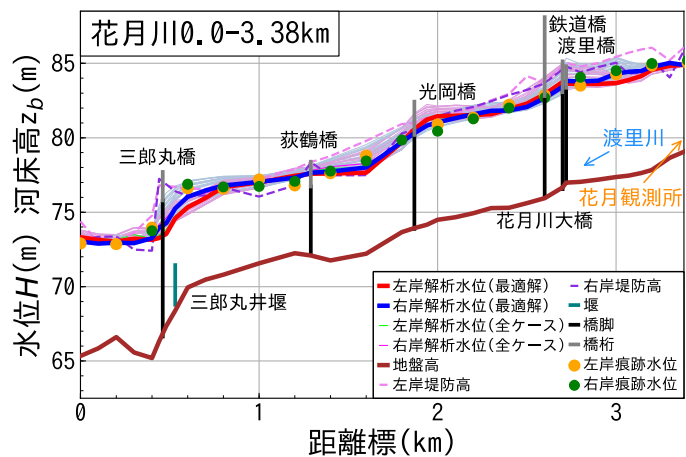


図-2 実験計画法の全ケースと最適値を用いた解析最大水位と痕跡水位との比較

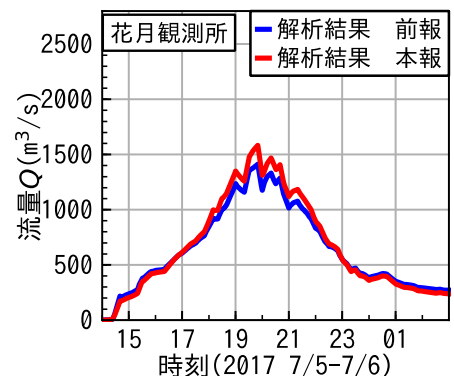


図-3 最適解と前報の上流端流量ハイドログラフの解析結果